

**STUDI EKSPERIMENTAL ANGKA SETANA *BIODIESEL*
DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH**

SKRIPSI

**OLEH:
MUHAMMAD CHAIRUL FAHMI
198130005**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)16/5/24

STUDI EKSPERIMENTAL ANGKA SETANA *BIODIESEL* DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area




Oleh:
MUHAMMAD CHAIRUL FAHMI
198130005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Studi Eksperimental Angka Setana *Biodiesel*
Diproduksi Dari Minyak Goreng Limbah
Nama Mahasiswa : Muhammad Chairul Fahmi
NIM : 198130005
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



(Muhammad Idris, S.T., M.T)
Pembimbing



(Dr. Eng. Sapriatno, ST,MT)
Dekan



(Dr. Iswandi, ST,MT)
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 26 Maret 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 26 Maret 2024



Muhammad Chairul Fahmi

198130005



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Chairul Fahmi

NPM : 198130005

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Studi Eksperimental Angka Setana *Biodiesel* Diproduksi Dari Minyak Goreng limbah”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan,

Pada Tanggal : 26 Maret 2024

Yang menyatakan



(Muhammad Chairul Fahmi)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)16/5/24

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan yang sangat potensial untuk menggantikan bahan bakar solar. Bahan bakunya dapat diperbaharui dan bersifat ramah lingkungan. Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kadar asam lemak bebas yang tinggi dalam minyak goreng bekas memerlukan pretreatment (esterifikasi) dalam proses pembuatan biodiesel. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan dilanjutkan dengan tahap transesterifikasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hasil dari variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 min dengan temperature 60°C dan putaran 1050 rpm pada angka setana biodiesel. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak goreng limbah. Penelitian ini menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan mereaksikan katalis dan metanol kemudian dicampurkan dengan minyak goreng limbah secara bersamaan. Variasi konsentrasi katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah metanol 1:2 dan 0.5% NaOH dari jumlah minyak goreng limbah. Kemudian hasil transesterifikasi diendapkan selama kurang lebih 20 menit. Hasil pengendapan biodiesel dan gliserol dipisahkan, setelah itu biodiesel dicuci menggunakan aquades dengan suhu 50°C dan diuapkan pada suhu 90-100°C. Hasil uji angka setana pada konsentrasi katalis metanol 1:2 dan 0.5% NaOH adalah 60 menit 44.54, 70 menit 44.54, 80 menit 44.54, 90 menit 44.47, dan 100 menit 44.60. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil dari angka setana belum sesuai dengan standard mutu biodiesel dan belum layak digunakan ESDM.

Kata Kunci :Angka Setana, Biodiesel, Esterifikasi dan Transesterifikasi, Katalis NaOH, Minyak Goreng Limbah.

ABSTRACT

Biodiesel is a very potential material to replace diesel fuel. Its raw material can be renewable and environmentally friendly. Used cooking oil can be used as a raw material for biodiesel production. The high free fatty acid content in used cooking oil requires pretreatment (esterification) in the biodiesel production process. Therefore, this study conducted two reaction steps, namely esterification and followed by transesterification. The purpose of this study was to determine the effect of the results of variations in reaction time of 60, 70, 80, 90, 100 min with a temperature of 60 ° C and a rotation of 1050 rpm on the cetane number of biodiesel. The raw material used in the manufacture of biodiesel is waste cooking oil. This research uses esterification and transcenterification processes by reacting catalysts and methanol then mixed with waste cooking oil simultaneously. The variation in catalyst concentration used in this study was methanol 1: 2 and 0.5% NaOH from the amount of waste oil. Then the results of the trasenterification are precipitated for approximately 20 minutes. The deposition results of biodiesel and glycerol are separated, after which the biodiesel is washed using aquades with a temperature of 50°C and evaporated at a temperature of 90-100°C. The cetane number test results at methanol catalyst concentrations of 1:2 and 0.5% NaOH were 60 minutes 44.54, 70 minutes 44.54, 80 minutes 44.54, 90 minutes 44.47, and 100 minutes 44.60. The results showed that the results of cetane numbers were not in accordance with biodiesel quality standards and were not suitable for ESDM use.

Keywords :Cetane Number, Biodiesel, Esterification and Transesterification, NaOH Catalyst, Waste Cooking Oil.

RIWAYAT HIDUP

Muhammad Chairul Fahmi adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 17 Juli 2000, di Medan Provinsi Sumatera Utara. Penulis merupakan Anak ke 2 dari 3 bersaudara, dari pasangan Jaswadi dan Siti Nurlaila Hanum.

Penulis pertama kali masuk pendidikan di SD Negeri 101774 Sampali pada tahun 2006 dan tamat 2012 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 6 Sampali dan tamat pada tahun 2015. Setelah tamat di SMP, penulis melanjutkan ke SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan dan tamat pada tahun 2018. Dan setahun kemudian tepat pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Medan Area Fakultas Teknik Mesin.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha. Penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL ANGKA *BIODIESEL* SETANA DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH”.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunianya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema dalam penelitian ini adalah konversi energy dengan judul “Studi Eksperimental Angka Setana Biodiesel Diproduksi Dari Minyak Goreng limbah”.

Terimakasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Idris, ST, MT. selaku dosen pembimbing penulis, yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 26 Maret 2024

Penulis



Muhammad Chairul Fahmi

DAFTAR ISI

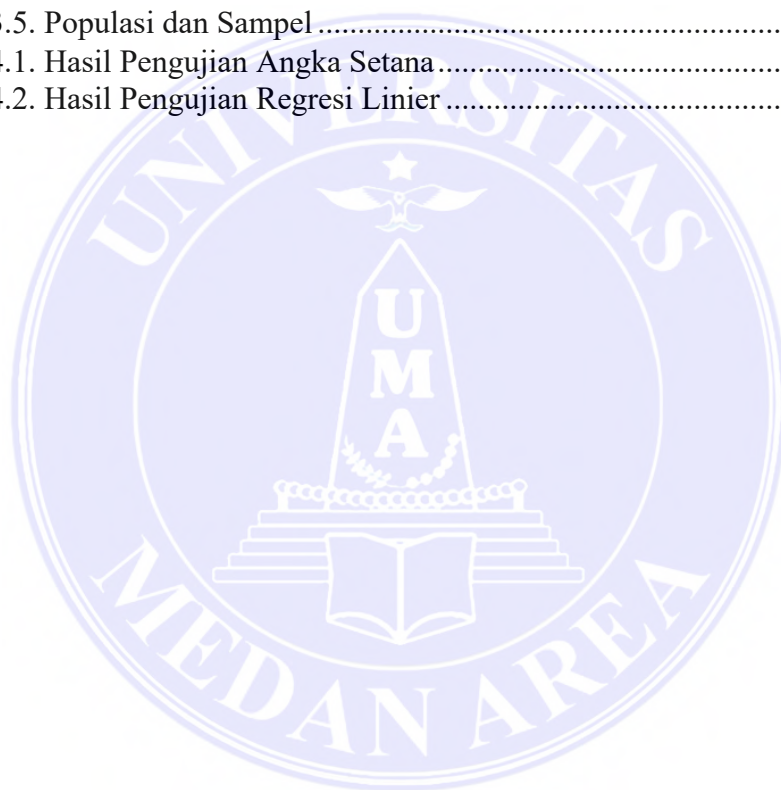
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Minyak Goreng Limbah (MGL)	6
2.2 Proses Transesterifikasi.....	8
2.2.1 Metanol	9
2.2.2 Katalis	11
2.3 Degumming.....	11
2.4 Esterifikasi.....	13
2.5 Biodiesel.....	13
2.5.1 Sifat Baku Mutu Diesel.....	16
2.5.2 Sifat-Sifat Penting Biodiesel.....	17
2.6 Uji Regresi	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.1.1 Waktu Penelitian	24
3.1.2 Tempat Penelitian	24
3.2 Bahan Dan Alat.....	25
3.2.1 Bahan	25
3.2.2 Alat.....	26
3.3 Metode Penelitian.....	28
3.4 Populasi dan Sampel	28
3.5 Prosedur kerja.....	29
3.5.1 Prosedur Pembuatan Biodiesel.....	29
3.5.2 Prosedur Pengujian Biodiesel	30
3.5.3 Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil	34
4.1.1 Angka Setana	34

4.1.2 Diagram Waktu Reaksi Angka Setana	35
4.1.3 Hasil Regresi Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Angka Setana	36
4.1.4 Uji Residual Normal Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Angka Setana.....	37
4.2 Pembahasan.....	38
4.2.1 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Angka Setana Biodiesel Produksi Dari Minyak goreng Limbah	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Simpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR LAMPIRAN.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat minyak jelantah.	7
Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah.	7
Tabel 2.3. Sifat Sifat Dan Kimia Metanol.....	10
Tabel 2.4. Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 2019.	16
Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN).	17
Tabel 2.6. Tabel Biodiesel Standar ASTM.	17
Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian.....	24
Tabel 3.2. Bahan Pembuatan Biodiesel.....	25
Tabel 3.3. Alat Pembuatan Biodiesel.....	26
Tabel 3.4. Komposisi Pembuatan Biodiesel	28
Tabel 3.5. Populasi dan Sampel	29
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Angka Setana.....	34
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Regresi Linier	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Homogen.....	11
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4.1. Grafik Waktu Reaksi vs Angka Setana	35
Gambar 4.2. Uji Residual Normal Waktu Reaksi Terhadap Angka Setana.....	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Sheet Hasil Pengujian Angka Asam dan Bilangan Iodin..... 47



DAFTAR NOTASI

ml NaOH	:	jumlah ml NaOH untuk titrasi (l)
N	:	normalitas larutan NaOH (mol/l)
M	:	massa sampel (kg)
BM NaOH	:	bobot molekul NaOH (kg/mol)
v titran	:	volume titran blanko (mL)
v titran	:	volume titran (mL)
m lemak	:	massa lemak (gram)
N tiosulfat	:	natrium tiosulfat (N)
D	:	densitas ($^{\circ}$ C)
Vb	:	volume HCl untuk titrasi blanko (l)
Vc	:	volume HCl untuk titrasi sampel (l)
N	:	normalitas larutan HCl N
M	:	berat sampel biodiesel (kg)
ρ_{bd}	:	massa jenis biodiesel (kg/m ³)
M	:	massa sampel biodiesel (kg)
V	:	volume (m ³)
μ_{bd}	:	viskositas biodiesel (m ² /s)
K	:	koefisien bola baja <i>stainless</i> (mPa.s.m ³ /kg.s)
t	:	waktu aliran bola (s)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi dunia terutama di Indonesia, disaat ini semakin bertambah seiring dengan bertumbuhnya penduduk dan ekonomi. Sumber energi yang tersedia saat ini terutama sumber minyak, sangat terbatas di beberapa bagian dunia dan semakin cepat habis karena eksploitasi yang cepat. Semakin menipisnya cadangan minyak menyebabkan munculnya beberapa sumber energi alternatif, salah satunya biodiesel (Sinaga et al., 2014).

Peningkatan penggunaan sumber energi non-daur ulang, seperti minyak bumi, telah menghadirkan tantangan yang perlu diawasi, yaitu mencari sumber energi alternatif yang terbarukan. Minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, membutuhkan waktu ratusan juta tahun untuk membentuknya, dan dengan meningkatnya konsumsi minyak, persediaan minyak bumi semakin menipis (Indra Darmawan & Susila, 2013).

Produksi mesin diesel di seluruh dunia memiliki dampak yang signifikan, meskipun penggunaan bahan bakar diesel terbatas, ada opsi untuk menggunakan biodiesel dalam mesin diesel. Biodiesel adalah jenis bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak beracun, dan memiliki kadar belerang yang rendah (Idris et al., 2023).

Karena kualitas pembakaran yang baik dan tingkat emisi gas buang yang rendah, penelitian bahan bakar alternatif, khususnya biodiesel, sangat dianjurkan. Dalam produksi biodiesel, minyak nabati yang tidak dapat dimakan dan sering digunakan sebagai bahan baku. Dibandingkan dengan minyak lainnya, produksi

minyak goreng limbah paling signifikan karena ketersediaan minyak goreng limbah cukup besar terutama di Indonesia (Kolakoti et al., 2021).

Minyak goreng limbah mudah ditemukan di negara padat penduduk seperti negara kita yaitu Indonesia, China dan India, minyak yang dimasak oleh ibu rumah tangga biasanya dibuang begitu saja sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan dan pemborosan. Minyak goreng limbah di hotel atau di Restoran juga kebanyakan dibuang, yang berbahaya bagi lingkungan dan mematikan bagi kehidupan selanjutnya. Mengkonversi minyak goreng limbah menjadi sumber energi yang berguna dan membantu mengurangi ketergantungan impor dan meningkatkan lapangan kerja lokal. Sifat minyak goreng limbah-biodiesel juga sesuai dengan standar ASTM dan EN (Gnanaprakasam et al., 2013).

Minyak goreng yang digunakan hingga saat ini masih digunakan berulang kali dalam industri pangan. Penggunaan minyak goreng limbah berulang dalam produksi makanan dapat berbahaya bagi kesehatan dan bersifat karsinogenik. Salah satu cara untuk mengurangi susut minyak goreng limbah adalah dengan menyuling minyak goreng limbah menjadi biodiesel (Haryanto et al., 2015).

Biodiesel terbuat dari minyak goreng limbah dengan proses reaksi transesterifikasi minyak goreng limbah dengan metanol. Proses transesterifikasi merupakan reaksi kimia dimana gugus gliserol (gliserol) pada molekul minyak nabati (trigliserida) digantikan oleh molekul monoalkohol semacam metanol. Reaksi ini bisa dicoba dengan mencampurkan minyak nabati dengan NaOH dalam metanol dan menghasilkan produk biodiesel (Andalia & Pratiwi, 2018).

Katalis adalah zat yang meningkatkan kecepatan reaksi dan menurunkan energi aktivitas tanpa sepenuhnya dikonsumsi dalam reaksi tersebut. Setelah reaksi

selesai, massa katalis yang digunakan tetap sama dengan yang ditambahkan pada awalnya. Dalam penelitian ini, penulis membahas tentang katalis homogen karena katalis homogen telah terbukti lebih efektif dalam proses transesterifikasi biodiesel dibandingkan dengan jenis katalis lainnya. Katalis homogen memiliki bentuk yang serupa dengan reaktan yang terlibat dalam reaksi. Dalam reaksi kimia, katalis homogen berperan sebagai perantara atau fasilitator. Beberapa contoh katalis homogen yang digunakan meliputi NaOH, KOH, ZA, ZA kering, ZKOH, dan Z-KOH.

Sifat fisik dan kimia bahan bakar memainkan peran yang sangat penting dalam periode penundaan. Cetane Number (CN) dari bahan bakar adalah salah satu parameter penting yang bertanggung jawab atas periode penundaan. Cetane number suatu bahan bakar didefinisikan sebagai persentase volume cetane normal dalam campuran cetane normal dan α -methyl naphthalene yang memiliki karakteristik pengapian (ignition delay) yang sama dengan bahan bakar uji, Ketika pembakaran dilakukan dalam mesin standar. di bawah kondisi operasi yang ditentukan. Bahan bakar dengan angka setana yang lebih tinggi memberikan waktu tunda yang lebih rendah dan menghasilkan pengoperasian mesin yang lebih halus. Biodiesel memiliki CN lebih tinggi daripada petrodiesel karena kandungan oksigennya lebih tinggi (Bamgboye & Hansen, 2008).

Berdasarkan penjelasan diatas ini penulis berupaya melaksanakan penelitian yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL ANGKA SETANA *BIODIESEL* DIPRODUKSI DARI MINYAK GORENG LIMBAH“ berdasarkan judul ini bisa diharapkan hasil dari penelitian ini dapat diperoleh energi baru terbarukan yang

dapat mengurangi dari limbah minyak goreng dan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar fosil.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana angka setana biodiesel dari minyak goreng limbah sesuai standart mutu dengan variasi waktu reaksi 60,70,80,90,100 menit ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

Untuk mendapatkan hasil angka setana biodiesel sesuai standar mutu SNI dengan variasi waktu reaksi 60,70,80,90,100 menit.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis ini didasarkan pada asumsi bahwa waktu reaksi akan mempengaruhi tingkat oksidasi tingkat keasaman dalam proses produksi biodiesel. Bahwa ada korelasi antara waktu reaksi dan tingkat oksidasi dan nilai asam biodiesel. Oleh karena itu, variasi waktu reaksi yang berbeda akan menghasilkan biodiesel dengan tingkat oksidasi yang berbeda pula, maka:

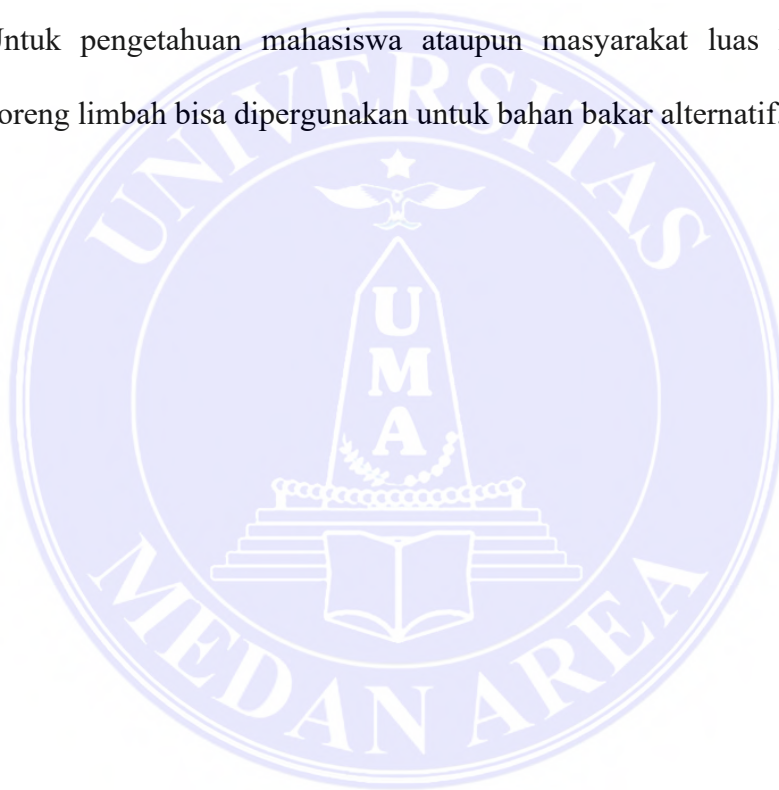
- a) H_0 =Nilai rata-rata karakteristik biodiesel angka setana sama dengan standard
- b) H_1 =Nilai rata-rata karakteristik biodiesel angka setana tidak sama dengan standard
- c) Taraf signifikan, $\alpha = 5 \%$

- d) Uji statistik
- e) Kriteria H0 jika nilai p-value $< 0,05$

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a) Menambah nilai ekonomis minyak goreng limbah.
- b) Bisa dipergunakan sebagai pengganti bahan bakar solar.
- c) Untuk pengetahuan mahasiswa ataupun masyarakat luas kalau minyak goreng limbah bisa dipergunakan untuk bahan bakar alternatif.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng Limbah (MGL)

Minyak Goreng Limbah (MGL) merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng limbah maupun minyak nabati yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai karbon panjang, yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat. Perbedaan minyak goreng limbah dengan minyak nabati yang baru terletak pada komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuhnya. Minyak goreng limbah memiliki kandungan asam lemak jenuh lebih besar dari minyak nabati yang baru. Hal ini disebabkan pada proses penggorengan terjadi perubahan rantai takjenuh pada senyawa penyusunnya. Komposisi asam lemak takjenuh minyak goreng limbah adalah 30% sedangkan asam lemak jenuh 70% (Sudarmadji. S. dkk, 2007).

Jika ditinjau dari komposisi kimianya, minyak goreng limbah atau minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogen, yang terjadi selama proses penggorengan. Zat karsinogen dapat menimbulkan berbagai keluhan dan penyakit seperti menimbulkan penyakit kanker, penyakit jantung, dan menghambat atau menurunkan kecerdasan generasi berikutnya.

Minyak goreng limbah memiliki kandungan peroksida yang tinggi, hal ini bias terjadi salah satunya disebabkan oleh pemanasan yang melebihi standar. Standar proses penggorengan normalnya berada dalam kisaran suhu 177 – 221⁰C. Sedangkan kebanyakan orang justru menggunakan minyak goreng pada suhu antara 200-300⁰C.

Pada suhu seperti ini, ikatan rangkap Penggunaan minyak goreng limbah jelas sangat tidak baik untuk kesehatan. Menurut para ahli kesehatan, minyak goreng hanya boleh digunakan dua sampai empat kali menggoreng (Winarno, 1997). Karena setiap dipakai minyak akan mengalami penurunan mutu. Sifat-sifat minyak jelantah dapat dilihat pada table 2.1 (Bahar, 2023).

Tabel 2.1. Sifat-sifat minyak jelantah.

No Sifat Fisik Minyak Jelantah	Sifat Kimia Minyak Jelantah
1 Warna coklat kekuning-kuningan	Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol
2 Berbau tengik	Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.
3 Terdapat Endapan	Proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap darirantai karbon asam lemak pada minyak

Di Indonesia minyak goreng merupakan komoditi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Dengan demikian sisa pakainya, disadari atau tidak, dapat mengotori lingkungan, yang pada akhirnya dapat mengganggu kesehatan dan lingkungan. Minyak jelantah sebagai limbah akan menjadi bahan yang bermanfaat jika diolah untuk penggunaan yang lain. Potensi yang cukup besar untuk dikembangkan adalah menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi. Komposisi asam lemak minyak jelantah dari minyak goreng sawit ditunjukkan pada tabel 2.2 (Badan Standardisasi Nasional, 2002).

Tabel 2.2. Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah.

No	Kriteria	Nilai	Satuan
1	Asam Palmitat	21,47	m%
2	Asam Stearat	13	m%
3	Asam Oleat	28,64	m%
4	Asam Linoleat	13,58	m%
5	Asam Linoleneat	1,59	m%
6	Asam Miristat	3,21	m%

No	Kriteria	Nilai	Satuan
7	Asam Laurat	1,1	m%

2.2 Proses Transesterifikasi

Metode yang paling umum untuk mengubah minyak goreng bekas menjadi biodiesel adalah transesterifikasi. Transesterifikasi adalah suatu metode perubahan suatu ester menjadi ester lain ketika minyak nabati di reaksikan dengan metanol dalam pengawetan katalis untuk menghasilkan metil ester serta biodiesel dan sejumlah gliserin. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak atau lemak agar dapat memenuhi spesifikasi sebagai bahan bakar. Terdapat berbagai metode reaksi transesterifikasi melalui berbagai variasi bahan baku, jenis alkohol, katalis, temperatur reaksi, waktu reaksi, jenis reaktor dan proses pemisah.

Biodiesel diperoleh dari reaksi minyak tanaman (trigliserida) dengan alkohol yang menggunakan katalis basa pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga di hasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya metil ester atau sering disebut biodiesel) dan lisierol, proses reaksi ini disebut transesterifikasi (Ma & Hanna, 1999). Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam–asam lemak kedalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis (Fukuda et al., 2001).

Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Selain itu transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi pembentukan metal atau etilester dengan mereaksikan komponen minyak yaitu trigliserida dengan alkohol (methanol atau etanol) dibantu dengan katalis basa atau asam. Hasil sampingan dari transesterifikasi adalah

gliserin. Reaksi transesterifikasi tidak akan berjalan selama masih terkandung asam lemak bebas di atas 7%. Oleh karena itu, dalam pembuatan biodiesel harus melalui dua tahap reaksi. Tahap pertama untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dan tahap kedua untuk mengkonversi trigliserida menjadi metilester (biodiesel).

Transesterifikasi adalah suatu reaksi yang menghasilkan ester dimana salah satu pereaksinya juga merupakan senyawa ester. Jadi disini terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel.

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil, proses dilakukan dengan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion. Transesterifikasi menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids Methyl Esters/Fame) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali (Hikmah & Zuliyana, 2015).

2.2.1 Metanol

Metil alkohol atau metanol atau sering juga disebut karbinol merupakan larutan polar yang larut dalam air, alkohol, ester dan pelarut organik lainnya. Metanol mempunyai rumus molekul CH_3OH adalah alkohol aliphatik sederhana.

Reaksinya ditentukan oleh gugus hidroksil fungsional, sedangkan reaksi terjadi oleh gugus C – O atau O – H.

Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Penggunaan metanol sebesar 85% digunakan sebagai bahan baku serta bahan pelarut sintetis. Dalam hal ini metanol direaksikan dengan trigliserida akan menghasilkan metilester. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol (CH₃OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi lebih stabil dibandingkan dengan etanol (C₂H₅OH).

Metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan karbon, sehingga metanol lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol. Keberadaan metanol dalam proses transesterifikasi adalah untuk memutuskan hubungan gliserin dengan zat asam lemak (Perry et al., 1997). Adapun sifat fisik dan kimia dari metanol dapat dilihat pada tabel 2.3 (Carl F. Prutton, Ph.D.; Samuel H. Maron, 1944).

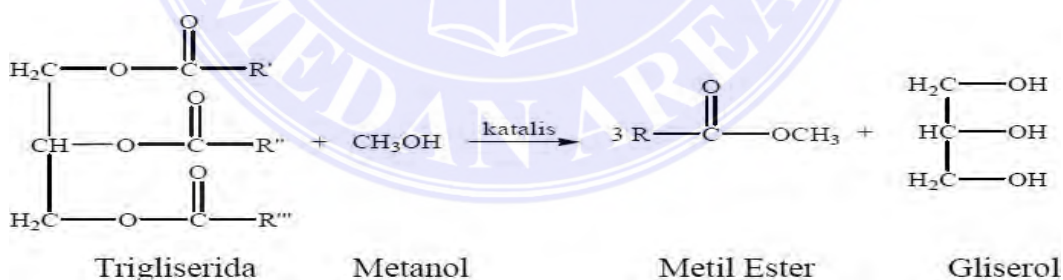
Tabel 2.3. Sifat Sifat Dan Kimia Metanol.

No	Karakteristik	Nilai
1	Massa molar	32.04 kg/mol
2	Wujud cairan	tidak berwarna
3	<i>Specific gravity</i>	0.7918
4	Titik leleh	-97 °C, -142.9 °F (176 K)
5	Titik didih	64.7 °C, 148.4 °F (337.8 K)
6	Kelarutan dalam air	sangat larut
7	Keasaman (pKa)	~ 15.5

2.2.2 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat suatu laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi, namun zat tersebut tidak habis bereaksi. Ketika reaksi selesai, maka akan mendapatkan massa katalis yang sama seperti pada awal yang di tambahkan. Zat yang menghambat berlangsungnya reaksi disebut inhibitor. Dalam suatu reaksi kimia, katalis tidak ikut bereaksi secara tetap sehingga dianggap tidak ikut bereaksi. Secara umum, katalis yang digunakan dalam reaksi kimia ada tiga jenis, yaitu katalis homogen, katalis heterogen, biokatalis (Enzim), dan Auto katalis.

Penelitian akan membahas katalis homogen karena katalis homogen lebih baik daripada jenis katalis lainnya untuk proses transesterifikasi biodiesel. Katalis homogen adalah katalis yang wujudnya sama dengan wujud reaktannya. Dalam reaksi kimia, katalis homogen berfungsi sebagai zat perantara (fasilitator). Beberapa jenis katalis homogen yang telah digunakan antara lain NaOH, KOH, ZA, ZA kering, ZKOH, dan Z-KOH kering. Pada penelitian ini penulis memilih NaOH atau natrium hidroksida, terjadi reaksi dibawah ini:



Gambar 2.1. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Homogen

2.3 Degumming

Degumming merupakan pre-treatment yang bertujuan untuk memisahkan gum (getah atau lendir) berupa fosfolipid, protein, karbohidrat, dan resin (polimer). Selain itu, degumming ini juga bertujuan untuk mengurangi ion logam

(Fe³⁺, Cu²⁺), memudahkan proses pemurnian selanjutnya, dan memperkecil terjadinya loss pada minyak.

Proses degumming ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pemanasan, penambahan asam fosfat, penambahan natrium hidroksida, hidrasi, dan penggunaan pereaksi khusus seperti asam format, natrium klorida, dan natrium fosfat. Secara garis besar, terdapat dua jenis proses degumming, yaitu: water degumming yang dilakukan dengan penambahan air pada suhu minyak 60- 90°C yang diikuti proses pemisahan dengan gaya sentrifugal dan acid degumming yang dilakukan untuk pospatida yang tidak dapat dihilangkan melalui pemanasan, terdapat penambahan larutan asam (asam sitrat atau asam fosfat) dan sejumlah metanol. Proses degumming dengan menambahkan asam fosfat adalah proses yang paling banyak dilakukan dalam industri.

Asam fosfat dan sitrat biasa digunakan pada proses degumming karena dapat mengikat logam berat. Asam fosfat sebagai degumming agent sangat baik digunakan dalam proses pemurnian minyak kelapa. Jika dosis asam fosfat yang digunakan terlalu tinggi, kandungan senyawa fosfat dalam minyak juga tinggi sehingga tidak bisa dihilangkan pada proses bleaching. Konsentrasi asam fosfat yang digunakan adalah 85%. Tujuan penambahan asam fosfat adalah untuk mengendapkan phosphatide yang bersifat nonhydratable menjadi hydratable sehingga dapat dipisahkan dari minyak melalui proses pencucian (Hasibuan & Made Ayu Yudawati, 2013).

2.4 Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi untuk membentuk senyawa ester. Ester-ester organik banyak digunakan di industri, yaitu sebagai solven, bahan parfum, bahan aroma buatan, dan prekursor bahan-bahan farmasi. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang berjalan lambat sehingga membutuhkan katalis untuk menunjang kecepatan reaksi. Maka dari itu banyak penelitian dilakukan untuk mempelajari kinetika reaksi, baik dengan katalis homogen maupun heterogen. Katalis homogen yang biasa digunakan dalam industri adalah asam sulfat. Ion H^+ dari asam sulfat sebagai asam kuat mendorong asam karboksilat untuk terprotonasi sehingga reaksi dapat terjadi. Oleh karena itu asam sulfat memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen seperti resin atau zeolit.

Reaksi esterifikasi adalah reaksi bolak-balik sehingga konversi dibatasi oleh konversi kesetimbangan, umumnya mengambil perbandingan komposisi pereaksi dengan jumlah alkohol berlebihan dengan maksud memperbesar konversi kesetimbangan. Untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk, dilakukan berbagai cara, yaitu dengan menggunakan reaktan yang berlebih (excess), menghilangkan air dari campuran dengan menambahkan benzene sebagai cosolvent dan mendistilasi campuran azeotrop air dan benzene, serta mengatur suhu reaksi esterifikasi hingga kesetimbangan bergeser ke arah produk (Fakhry & Rahayu, 2016).

2.5 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Penggunaan biodiesel dapat

dicampur dengan petroleum diesel (solar). Biodiesel mudah digunakan, bersifat biodegradable, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan senyawa aromatik. Selain itu biodiesel mempunyai nilai flashpoint (titiknyala) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga lebih aman jika disimpan dan digunakan karena bahan bakunya yang berasal dari minyak nabati sehingga dapat diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik dan mudah diperoleh (Kolakoti et al., 2021). Selain itu harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rainacid*).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (renewable), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan biodiesel (Jain & Sharma, 2010). Biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya efisiensi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi daripada bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Biodiesel memiliki kandungan senyawa sulfur dan aromatik yang lebih rendah daripada bahan bakar diesel sehingga emisi gas berbahaya hasil pembakarannya lebih rendah daripada emisi bahan bakar diesel turunan minyak bumi.

Biodiesel juga dapat terdegradasi secara alami. Lebih dari 90% biodiesel dapat terdegradasi secara biologis selama 21 hari. Biodiesel adalah monoalkilester yang diperoleh dari reaksi esterifikasi atau transesterifikasi asam-asam lemak rantai panjang dan alkohol dengan bantuan katalis asam dan basa. Biodiesel bersifat

ramah lingkungan karena memiliki emisi pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum. Selain itu, bahan baku pembuatan biodiesel dapat diperoleh dari limbah, seperti minyak goreng bekas.

Secara umum biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbaru seperti minyak sayur atau lemak hewan. Biodiesel dimanfaatkan untuk menggantikan peran energi fosil yang tidak dapat terbarukan dan meninggalkan lebih banyak emisi Gas Rumah Kaca sehingga menurunkan kualitas lingkungan.

Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm (part permillion) sulfur. Biodiesel mengandung 11% oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energi namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan jelaga. Kandungan energi biodiesel 110% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel lebih kurang dapat dikatakan sama dengan solar, yang berarti daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya.

Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel menyebabkan bahan bakar biodiesel sedikit kurang stabil dibandingkan dengan solar, kestabilan yang tidak stabil dapat meningkatkan kandungan asam lemak bebas, menaikkan viskositas, terbentuknya gums, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar

2.5.1 Sifat Baku Mutu Diesel

Suatu teknik pembuatan biodiesel hanya akan berguna apabila produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi (syarat mutu) yang telah ditetapkan dan berlaku di daerah pemasaran biodiesel tersebut. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.4 (ESDM, 2019).

Tabel 2.4. Standar dan Mutu Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 2019.

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	m ² /s	2,3 – 6,0
3	Angka Setana	Min	51
4	Titik Nyala (mangkok tertutup)	°C, min	130
5	Korosi Lempeng Tembaga		nomor 1
6	Residu karbon dalam percontoh asli; atau dalam 10% ampasdistilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
7	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
8	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
9	Belerang	mg/kg, maks	10
10	Fosfor	mg/kg, maks	4
11	Angka Asam	mg-KOH/g, maks	0,4
12	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
13	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
14	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
15	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), Maks	115
16	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau	Menit	600
17	Periode induksi metode petro Oksi	Menit	45
18	Monogliserida	%-massa, maks	0,55
19	Warna	Maks	3
20	Kadar air	Ppm, maks	350

Ada beberapa parameter biodiesel lainnya seperti standar amerika (ASTM) dan standar eropa (EN) berikut ini standar kedua parameter tersebut dapat dilihat pad tabel 2.5 (Comité Europeo de Normalización, 2008).

Tabel 2.5. European biodiesel standard (EN).

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Density at 15°C	kg/m ³	860-900
2	Viscosity at 40°C	m/s	3,5-5,0
3	Flashpoint	°C	120
4	Sulfur content	mg/kg	10.0
5	Carbon residue	%(m/m)	0.30
6	Sulfated ash content	%(m/m)	0.02
7	Water content	mg/kg	500
8	Total contamination	mg/kg	24
9	Oxidative stability, 110°C	Hours	4.0
10	Acid value	mg KOH/g	0,50
11	Iodine value	gI/100g	130
12	Linolenic acid content	%(m/m)	12
13	Methanol content	%(m/m)	0.20
14	Monoglyceride content	%(m/m)	0.80
15	Diglyceride content	%(m/m)	0.20
16	Triglyceride content	%(m/m)	0.20
17	Free glycerine	%(m/m)	0.02
18	Total glycerine	%(m/m)	0.25
19	Alkali metals (Na+K)	mg/kg	5.0
20	Earth alkali metals (Ca+Mg)	mg/kg	5.0
21	Phosphorus content	mg/kg	10.0

Berikut ini standar parameter ASTM pada biodiesel, dapat dilihat pada tabel

2.6 (Comité Europeo de Normalización, 2008).

Tabel 2.6. Tabel Biodiesel Standar ASTM.

No	Parameter Uji	Satuan min/maks	Persyaratan
1	Density at 15°C	kg/m ³	890
2	Distillation T90	°C	360
3	Sulfated ash	%(m/m)	0,20
4	Viscosity at 40°C	m/s	3,5-5,0
5	Flashpoint	°C	120
6	Ester content	%(m/m)	96,5
7	Phosphorus	mg/kg	10
8	Acid value	mgKOH/g	0,80
9	Total contamination	mg/kg	24
10	Free glycerol	%(m/m)	0,02

2.5.2 Sifat-Sifat Penting Biodiesel

Sifat-sifat yang terkandung dalam biodiesel adalah sebagai berikut:

- a) Bilangan Asam

Pengukuran bilangan asam dilakukan dengan cara titrasi menggunakan larutan NaOH 0.025 N. Angka asam biodiesel dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ bilangan asam} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \times \text{BM NaOH}}{M \times 1000} 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

ml NaOH : jumlah ml NaOH untuk titrasi (l)

N : normalitas larutan NaOH (mol/l)

M : massa sampel (kg)

BM NaOH : bobot molekul NaOH (kg/mol)

b) Bilangan Iodin

Tingkat tidak jenuhan atau banyaknya ikatan rangkap asam-asam lemak penyusun biodiesel ditunjukkan melalui bilangan iod. Banyaknya senyawa asam lemak tak jenuh meningkatkan ferpormansi biodiesel pada temperature rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (Melting Point) yang lebih rendah.

Biodiesel yang memiliki bilangan iod yang tinggi akan mengakibatkan polimerisasi dan pembentukan deposit pada injector noozle dan cincin piston pada saat mulai pembakaran Berdasarkan standar biodiesel Indonesia nilai maksimum bilangan Iod yang diperbolehkan untuk biodiesel yaitu 115 gram Iod/100 gram. Bilangan iodin dapat ditentukan dengan persamaan (2.2).

$$\text{Bil. iod} = \frac{\text{vol titran (ml)}(\text{blanko}-\text{sampel})}{\text{massa lemak (g)}} \times N \text{ natrium tiosulfat} \times 12,691\dots(2.2)$$

dimana:

v titran blanko = 7 L

v titran sampel = 2 L

m lemak = 0,5 Kg

N natrium tiosulfat = 0,1 N

c) Angka Sentana

Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan ke ruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Struktur hidrokarbon penyusun minyak mempengaruhi bilangan setana pada biodiesel. Semakin rendah bilangan cetana maka semakin rendah pula kualitas penyalan karena memerlukan suhu yang lebih tinggi. Semakin tinggi angka setana, semakin cepat pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya. Angka setana yang tinggi berpengaruh signifikan terhadap waktu singkat yang diperlukan antara bahan bakar diinjeksikan dengan inisiasi sehingga menyebabkan start yang baik dan suara yang halus pada mesin. Angka setana yang lebih tinggi akan memastikan start yang baik dan meminimalkan pembentukan asap putih.

Untuk menghitung nilai angka setana menggunakan Calculated Cetane Index (CCI) untuk memperkirakan cetane number. Terdapat dua metode pengujian cetane number, ASTM D 976 dan D 4737, keduanya berdasarkan ASTM D 86 distillation dan density (Sulfur, 2021).

Untuk menghitung CCI, Langkah-langkah yang diperlukan adalah sebagai berikut pada persamaan (2.3);

1. Tetapkan distillation range sesuai prosedur analisis distillation range – ASTM D 86
2. Tetapkan API (*American Petroleum Institute*) sesuai prosedur analisis ASTM D 1298
3. Hitung CCI dengan persamaan sebagai berikut;

$$CCI = 45.2 + (0.0892)(T_{10N}) + [0.131 + (0.901)(B)][T_{50N}] + [0.0523 - (0.420)(B)][T_{90N}] + [0.00049][T_{10N}]^2 - (T_{90N})^2 + (107)(B) + (60)(B) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

CCI = Calculated Cetane Index dengan persamaan empat variabel,

D = Density pada 15⁰C, g/mL ditetapkan dengan metoda uji ASTM D 1289 atau D 4052,

DN = D - 0.85,

B = [e^{(-3.5)(DN)}]-1,

T10 = 10% recovery temperature, ⁰C,

T10N = T10 - 215,

T50 = 50% recovery temperature, ⁰C,

T50N = T50 - 260

T90 = 90% recovery temperature, ⁰C, dan

T90N = T90 - 310.

d) Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala (flash point) adalah suhu terendah dimana suatu bahan bakar tersebut mudah terbakar ketika bereaksi dengan udara. Titik nyala yang sangat tinggi dapat menyebabkan detonasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang pembakaran. Hal ini juga dapat meningkatkan risiko berbahaya pada saat penyimpanan.

e) Densitas

Densitas atau Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Kerapatan suatu fluida (ρ) dapat

didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Massa jenis biodiesel ($\tilde{\rho}_{bd}$) diukur dengan metode paling sederhana menggunakan piknometer dan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

$$\tilde{\rho}_{bd} = m / v \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

$\tilde{\rho}_{bd}$ = massa jenis biodiesel (kg/m³)

m = massa sampel biodiesel (kg)

v = volume (m³)

f) Viskositas

Viskositas (kekentalan) merupakan sifat yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, karena gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran, akibatnya terbentuk endapan pada mesin. Viskositas yang tinggi akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Viskositas biodiesel diukur menggunakan *falling ball viscometer* dan di tentukan menggunakan persamaan (2.5).

$$\dot{\lambda}_{bd} = K (\tilde{\rho}_{bola} - \tilde{\rho}_{bd}) t \dots\dots\dots (2.5)$$

$\dot{\lambda}_{bd}$ = Viskositas biodiesel (m²/s)

K = Koefisien bola baja *stainless*(mPa.s.m³/kg.s)

$\tilde{\rho}_{bola}$ = Massa jenis bola baja (kg/m³)

$\tilde{\rho}_{bd}$ = Masa jenis biodiesel (kg/m³)

t = Waktu aliran bola (s)

g) Kadar Air

Kadar air dalam minyak sangat berpengaruh pada kualitas minyak. Semakin kecil kadar air yang terdapat dalam minyak maka semakin baik kualitas minyak, hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

2.6 Uji Regresi

Kegunaan uji regresi adalah untuk memprediksi variable terikat Y jika variable bebas X diketahui. Regresi dapat dianalisis karena didasari oleh hubungan fungsional atau hubungan kasual variable bebas X terhadap variable bebas Y. perbedaan mendasar uji korelasi dengan uji regresi adalah, uji regresi selalu menyertakan uji korelasi, sementara uji korelasi belum tentu ditindaklanjuti dengan uji regresi. Uji korelasi yang tidak ditindaklanjuti dengan uji regresi biasanya memiliki variable-variabel yang tidak memiliki kedekatan fungsional atau kausal (sebab akibat).

Persamaan regresi sederhana dirumuskan sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bX \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

\hat{Y} (baca Y hat) merupakan subjek variabel terikat yang diproyeksikan, X merupakan variabel bebas yang memiliki nilai tertentu untuk diprediksikan .

a = merupakan suatu nilai konstan.

b = adalah nilai gradien penentu ramalan .

$$b = \frac{n * \sum XY - \sum X * \sum Y}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \text{dan} \quad a = \frac{\sum Y - B * \sum X}{n}$$

Dalam memperkirakan hubungan antara dua variabel terlebih dahulu membuat asumsi mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Dalam beberapa hal, bisa dicek asumsi tersebut setelah hubungan diperkirakan.

Regresi linier sederhana memiliki fungsi sebagai berikut;

- a. Menguji hubungan / korelasi / pengaruh satu variabel bebas terhadap satu variabel terikat.
- b. Melakukan prediksi atau estimasi variabel terikat berdasarkan variabel bebasnya.
- c. Data yang dianalisis baru berupa data yang berskala interval / rasio. Fungsi linier, selain mudah interpretasinya, juga dapat digunakan sebagai pendekatan (*approximation*) atas hubungan yang bukan linier (non linier).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 4 bulan dengan agenda aktivitas penelitian dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian

Aktifitas	2024															
	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV			
	1	2	3	4	1	2	3		1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul		■														
Penulisan Proposal			■	■												
Seminar Proposal				■	■											
Proses Penelitian					■	■	■	■								
Pengolahan Data									■	■	■	■				
Penyelesaian Laporan										■	■	■	■			
Seminar Hasil													■	■		
Evaluasi dan persiapan Sidang														■	■	
Sidang Sarjana																■

3.1.2 Tempat Penelitian





Aktivitas penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Politeknik Negeri Medan.


3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Bahan Pembuatan Biodiesel

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
1	Minyak Goreng Limbah (MGL)		Limbah minyak goreng menjadi bahan utama dalam pembuatan biodiesel dalam penelitian ini. Minyak goreng yang digunakan diambil dari sisa-sisa rumah makan dan restoran.
2	H ₃ PO ₄		Larutan H ₃ PO ₄ (asam fosfat) merupakan larutan yang digunakan dalam proses degumming (pemisahan getah).
3	H ₂ SO ₄		Larutan H ₂ SO ₄ (asam sulfat) merupakan larutan yang digunakan dalam proses esterifikasi dalam pembuatan biodiesel.
4	NaOH		Natrium hidroksida, juga dikenal sebagai soda api, merupakan senyawa 25acto yang berbentuk padatan putih. Dalam penelitian ini, natrium hidroksida digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel.
5	Metanol		Metanol atau juga disebut dengan metilalkohol adalah bentuk alkohol paling sederhana, yang berbentuk cairan ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar dan beracun. Pada penelitian ini methanol berfungsi sebagai campuran dengan katalis pada






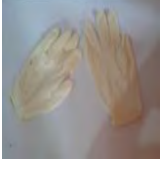
No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
			proses trasterifikasi dalam pembuatan biodiesel.
6	Aquades		Aquades atau air destilasi adalah air yang dihasilkan melalui proses penyulingan atau destilasi untuk menghilangkan sebagian besar zat-zat terlarut. Dalam pencucian biodiesel, aquades digunakan untuk menghilangkan sisa katalis yang masih menempel pada biodiesel.

3.2.2 Alat

Alat – alat yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Alat Pembuatan Biodiesel

No	Nama Alat	Gambar	Keterangan
1	Timbangan digital		Timbangan digital digunakan untuk menghitung berat zat kimia yang berbentuk bubuk, seperti natrium hidroksida (NaOH).
2	Gelas ukur		Gelas ukur berskala digunakan untuk mengukur bahan kimia larutan methanol (CH ₃ OH) dan limbah minyak goreng (WCO) dan air.
3	<i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>		<i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> berperan dalam memanaskan dan mengaduk katalis metanoksida (metanol dan natrium hidroksida) sebelum larutan metanoksida dicampurkan dengan limbah minyak goreng di dalam reaktor berlapis ganda.

No	Nama Alat	Gambar	Keterangan
4	<i>Double jacketed glass reactor</i>		Alat <i>Double jacketed glass reactor</i> dalam penelitian ini berfungsi untuk pencampuran, reaksi, distilasi dan filtrasi dalam produksi <i>biodiesel</i> .
5	Corong		Corong digunakan untuk mentransfer biodiesel atau metanol dari satu botol ke botol lain dengan cara yang efisien dan tanpa adanya tumpahan atau kebocoran.
6	Sparator (tabung pemisah)		Tabung pemisah atau separator digunakan untuk memisahkan biodiesel dari gliserol, serta berperan dalam memisahkan biodiesel dari air destilasi saat proses pencucian biodiesel.
7	<i>Evaporator rotari</i>		<i>Evaporator Rotari</i> atau rotavap digunakan untuk menghilangkan residu larutan metanoksida (metanol dan natrium hidroksida) yang tidak terpisah ketika dipisahkan menggunakan dengan cara menguapkannya alat pemisah.
8	Kertas saring		Kertas saring memiliki fungsi untuk menyaring residu makanan dari limbah minyak goreng serta berperan dalam menyaring sisa katalis selama proses transesterifikasi.
9	Sarung tangan		Sarung tangan berfungsi sebagai perlindungan untuk tangan dari bahan kimia yang dapat menyebabkan luka bakar atau iritasi kulit selama proses pembuatan biodiesel.

No	Nama Alat	Gambar	Keterangan
10	<i>Aquastil Water Destilasi</i>		<i>Aquastil water destilasi</i> merupakan alat yang digunakan untuk mendapatkan air murni melalui proses penyulingan.
11	<i>Pensky Martens Flash Point</i>		<i>Pensky Martens Flash Point</i> digunakan untuk mengukur titik nyala (flash point) biodiesel menggunakan metode ASTM D93.
12	<i>Stabinger vicometer SVM 3001</i>		Alat pengujian ini berfungsi untuk mengukur viskositas dan densitas biodiesel menggunakan metode ASTM D455.
13	<i>ECH Triator</i>		<i>ECH Triator</i> merupakan alat pengujian yang berfungsi untuk menentukan bilangan asam serta bilangan iodin.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan yaitu dengan cara experiment. Variable dalam penelitian ini yaitu katalis yang terdiri dari natrium hidroksida (NaOH) dan larutan metanol (CH₃OH). Table komposisi dari pembuatan biodiesel bisa dilihat pada table 3.4.

Tabel 3.4. Komposisi Pembuatan Biodiesel

No	WCO	NaOH	Metanol
1	L	%	
2	0.3	0,5	1:2

3.4 Populasi dan Sampel

Dalam konteks teknis analisis dan metode pengujian pengaruh reaksi waktu terhadap angka setana pada pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng limbah,

populasi dan sampel dapat dijelaskan sebagai berikut (tabel Populasi ini mencakup semua kemungkinan kombinasi waktu reaksi yang mungkin digunakan dalam pembuatan biodiesel berbasis minyak goreng limbah). Sampel ini terdiri dari beberapa sampel biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan waktu reaksi yang berbeda. Tabel populasi dan sampel bisa dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Populasi dan Sampel

No	Waktu reaksi	Angka setana
1	60 min	-
2	70 min	-
3	80 min	-
4	90 min	-
5	100 min	-

3.5 Prosedur kerja

3.5.1 Prosedur Pembuatan Biodiesel

- a) Sediakan minyak goreng limbah sebanyak 0,9 kg untuk proses degumming menggunakan alat DJR (*Double Jacket Reaktor*) dengan campuran 2% H_3PO_4 dari minyak yang di degumming selama 30 min.
- b) Setelah itu masukkan ke tabung pemisah selama 15 min.
- c) Setelah proses degumming dilanjutkan proses esterifikasi yaitu dengan menambahkan bahan kimia H_2SO_4 0,75% dari minyak yang ingin digunakan, proses esterifikasi menggunakan alat DJR (*double Jacket Reaktor*) selama 30 min.
- d) Setelah itu masukkan kedalam tabung pemisah selama 30 min.
- e) Kemudian dilanjutkan ke proses transesterifikasi dimana ditambahkan bahan metanol 1:2 dan NaOH sebanyak 0,5% dan dilakukan menggunakan alat DJR

(Double Jacket Reaktor) pada putaran 1050 rpm, suhu 60⁰C dan waktu sesuai variasi yang di inginkan.

- f) Setelah selesai kemudian minyak dimasukkan ke tabung pemisah kurang lebih 15 min.
- g) Dilanjutkan proses pencucian menggunakan aquades dengan cara di injeckkan dan minyak di aduk dengan pelan-pelan supaya tidak terjadi penyabunan.
- h) Setelah itu biarkan hingga aquades turun selama kurang lebih 5 min dan kemudian minyak goreng limbah di masukkan kedalam evaporator.
- i) Proses penguapan dengan alat evaporator dimana menggunakan sisa-sisa dari aquadest dan metanol.
- j) Kemudian minyak disaring menggunakan kertas saring untuk menghilangkan sisa-sisa bahan kimia yang melekat dari minyak proses pembuatan biodiesel.

3.5.2 Prosedur Pengujian Biodiesel

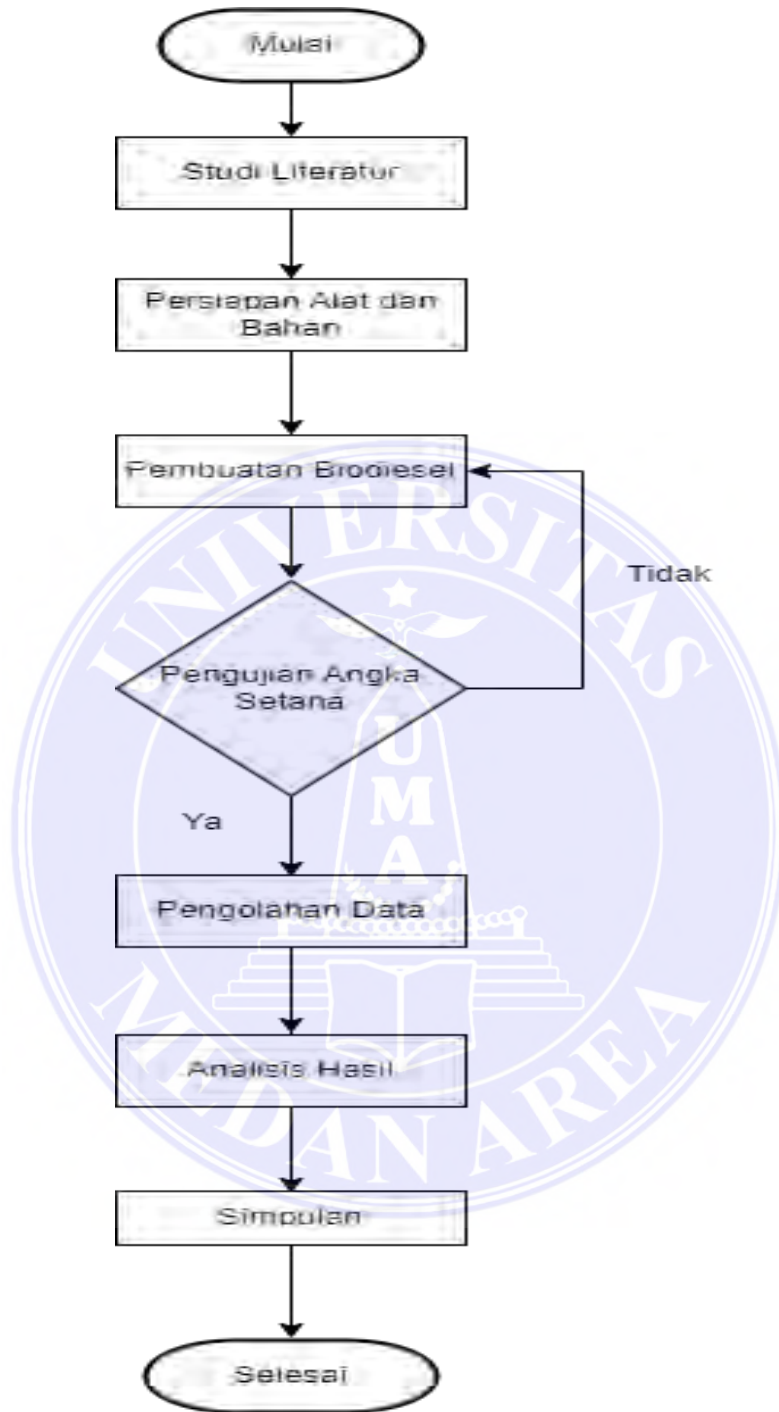
- 1) Pengujian dengan *Pensky Martens Flash Point Tester*
 - a) Langkah awal yaitu menekan tombol “On/Of”.
 - b) Berikutnya menyiapkan sampel untuk diuji, setelah itu sampel dimasukan kedalam gelas reaktor banyak 70 ml, setelah itu tutup gelas reaktor dengan penutup.
 - c) Berikutnya masukkan “*multi detector*” kedalam lubang gelas reaktor
 - d) Setelah itu pilih main menu, lalu klik “Test Run” ubah sampel “Name” ubah ELFP 200 ⁰C.
 - e) Berikutnya ubah program “ASTM D93 setelah itu klik enter dan klik “RUN”.
- 2) Pengujian dengan *Stabinger Viscometer SVM 3001*

- a) Langkah awal yaitu menekan tombol “On/Of”.
 - b) Berikutnya menyiapkan sampel untuk di uji, selanjutnya di injeksikan kedalam mesin secara perlahan.
 - c) Berikutnya tekan “Method” di layer utama.
 - d) Setelah itu pilih untuk di uji setelah itu tekan “OK”.
 - e) Berikutnya tekan “Quick Setting” untuk memberikan nama sampel, mengubah metode pengukuran, dan pengelompokan grup sampel.
 - f) Lalu tekan “Start” supaya mulai pengukuran.
 - g) Apabila ada peringatan “Refill after prewetting” kemudian injeksikan kembali sampel sebanyak 1 ml. Lalu tekan “OK”.
 - h) Selanjutnya tunggu sampai proses “Measuring” selesai, apabila selesai dapat diberi tanda dengan “Finished”.
 - i) Berikutnya pilih “Measured” untuk dapat melihat data hasil pengukuran.
 - j) Lalu pilih data yang di tampilkan setelah itu tekan “Details” untuk dapat melihat hasil data pengujian.
- 3) Pengujian Angka Iodin
- a) Siapkan larutan natrium tiosulfat.
 - b) Berikutnya siapkan larutan reaksi iodin monochloride, dan larutkan iodin monochloride dengan asam asetat glasialn.
 - c) Berikutnya siapkan larutan kalium yodium.
 - d) Selanjutnya siapkan larutan magnesium asetat.
 - e) Berikutnya pindahkan sampel kedalam *Erlenmeyer Volumetric Flask* dan diberi stopper.

- f) Selanjutnya tambahkan asam a setatglasial, larutan reaksi dan juga larutan katalis.
- g) Selanjutnya menutup *Erlenmeyer volumetric flask* dengan menggunakan stopper.
- h) Selanjutnya mencampurkan larutan selama lima menit.
- i) Selanjutnya letakkan ujung elektroda dan burette dalam sampel kemudian aduk dengan sangat baik.
- j) Berikutnya lakukan titrasi tanpa sampel dalam materi yang sama.



3.5.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil pengujian angka setana dengan variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, 100 menit belum memenuhi target standar mutu sni biodiesel yang dimana mendapatkan hasil rata-rata 44,54 - 44,60, standar mutu sni angka setana biodiesel adalah minimum 51. Hal ini menunjukkan variasi waktu reaksi tidak mempengaruhi kualitas biodiesel dalam hal angka setana yang merupakan parameter penting untuk menentukan kinerja mesin diesel. Variasi waktu reaksi tidak mempengaruhi hasil angka setana dalam pengujian ini, hal ini dapat kita lihat dari hasil pengujian regresi linier, dimana koefisien untuk waktu reaksi adalah 0.00050, yang berarti bahwa untuk setiap kenaikan satu unit waktu reaksi nilai rata-rata dari variabel respon meningkat 0.00050 unit. Untuk mendapatkan angka setana biodiesel yang sesuai standar tidak hanya diperhatikan dari waktu reaksi tetapi juga harus diperhatikan seperti suhu, katalis, rasio metanol-minyak dan jenis minyak yang digunakan.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan kualitas biodiesel dari minyak jelantah, faktor-faktor lain selain waktu reaksi dapat dipertimbangkan, seperti suhu, katalis yang sesuai untuk pembuatan biodiesel, dan rasio metanol-minyak untuk mendapatkan hasil sesuai standar mutu sni. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi sifat fisikokimia dan emisi biodiesel, seperti densitas, viskositas, titik nyala, angka asam, angka iodin, kadar karbon monoksida, hidrokarbon, nitrogen oksida, dan partikulat. Penelitian

lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kondisi reaksi yang sesuai untuk menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dari minyak goreng limbah.



DAFTAR LAMPIRAN

LAPORAN HASIL UJI ANGKA ASAM DAN ANGKA IOD BIODIESEL MINYAK JELANTAH
No : 22/EBT/EN/2023

Nama
 Perusahaan/ Instituti
 Jenis Sampel

: M. Chairul Fahmi
 : Universitas Medan Area
 : Biodiesel Minyak Jelantah

Tabel 1. Hasil Uji Angka Asam dan Angka Iod Biodiesel Minyak Jelantah

Properties	Unit	ASTM and EN standard		Biodiesel Minyak Jelantah						
		ASTM D6751 0,5 (max)	EN 14214 0,5 (max)	Standard method D664	Standard method EN ISO 14104	60 menit	70 menit	80 menit	90 menit	100 menit
Acid value	mg KOH/g	0,5 (max)	0,5 (max)	D664	EN ISO 14104	0.21	0.27	0.17	0.178	0.21
Iodine value	g-I ₂ /100g	115 (max)	-	AOCS Cd 1-25	-	87.2	88.3	90.2	92.3	82.3

Diuji Oleh

 Bela Nurulita, S.T

Tanggal:

Lampiran 1. Data Sheet Hasil Pengujian Angka Asam dan Bilangan Iodin

DAFTAR PUSTAKA

- Andalia, W., & Pratiwi, I. (2018). Kinerja Katalis NaOH dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Tekno Global*, 7(1), 32–36.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 01-3741-2002* (Standar Mutu Minyak Goreng).
- Bahar, ayu azhary. (2023). analisis sifat fisika dan kimia minyak jelantah berdasarkan variasi jumlah absorden tempurung kelapa (p. 60).
- Bamgboye, A. I., & Hansen, A. C. (2008). Bamiloye Prediction of Centre. *INTERNATIONAL AGROPHYSICS*, 22(1996), 21–29.
- carl f. prutton, ph.D.; samuel h. maron, P. D. (1944). *Fundamental-Principles-Of-Physical-Chemistry.pdf* (p. 782).
- Comité Europeo de Normalización. (2008). Norma EN 14214. Une , November. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0059545>
- ESDM, K. (2019). 189 K 2019_Kepdirjen EBTKE tentang Standar dan Mutu BBN Jenis Biodiesel sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri .pdf.
- Fakhry, M. N., & Rahayu, S. S. (2016). Pengaruh Suhu pada Esterifikasi Amil Alkohol dengan Asam Asetat Menggunakan Asam Sulfat sebagai Katalisator. *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(2), 64. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.33339>
- Fukuda, H., Kondo, A., & Noda, H. (2001). Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 92(5), 405–416. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(01\)80288-7](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(01)80288-7)
- Gerpen, J. Van. (1996). Cetane Number Testing of Biodiesel. *Third Liquid Fuel Conference "Liquid Fuels and Industrial Products from Renewable Resources,"* 197–206.
- Gnanaprakasam, A., Sivakumar, V. M., Surendhar, A., Thirumarimurugan, M., & Kannadasan, T. (2013). Mengulas artikel Strategi baru-baru Biodiesel Produksi from Waste Minyak Goreng dan Proses Mempengaruhi Parameter : A Review. 2013.
- Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., & Prabawa, S. (2015). Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Agritech*, 35(02), 234. <https://doi.org/10.22146/agritech.13792>
- Hasibuan, S., & Made Ayu Yudawati, N. (2013). lum inophyllum L.) Physicochemical and Antibacterial Properties karakteristik fisikokimia dan anti bakteri hasil purifikasi minyak biji nyamplung (Calophyl of Degummed Calophyllum inophyllum L. Seed Oil). *Agritech*, 33(3). <https://doi.org/10.22146/agritech.9553>
- Hikmah, M. N., & Zuliyana, D. (2015). Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Estrans. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(6), 1–43.
- Idris, M., Husin, I., Hermawan, I., Novalia, U., Batubara, R. D., Pambudi, N. A., & Sarifudin, A. (2023). Engine Performance Using Blended Fuels of Biodiesel and Eco Diesel. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy*

- Engineering*, 120(1), 107–123. <https://doi.org/10.32604/ee.2023.019203>
- Indra Darmawan, F., & Susila, I. W. (2013). proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan metode pencucian dry-wash sistem I Wayan Susila. *Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya*, 02, 80–87.
- Jain, S., & Sharma, M. P. (2010). Prospects of biodiesel from *Jatropha* in India: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.005>
- Kolakoti, A., Setiyo, M., & Waluyo, B. (2021). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: Characterization, Modeling and Optimization. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 1(1), 22–30. <https://doi.org/10.31603/mesi.5320>
- Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). Biodiesel production: a review. *Journal Series #12109, Agricultural Research Division, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska–Lincoln*.1. *Bioresource Technology*, 70(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(99)00025-5)
- Muriyatmoko, D. (2018). Analisa Volume Terhadap Sitasi Menggunakan Regresi Linier Pada Jurnal Bereputasi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Simantec*, 6(3), 129–134.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997). 10. Transport and Storage of Fluids. In *Perry's chemical engineers' handbook 7th edition*.
- Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014). Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah [Effects of Temperature and Reaction Time on the Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil]. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 27–34.
- Sivaramakrishnan, K., & Ravikumar, P. (2012). Determination of cetane number of biodiesel and it's influence on physical properties. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(2), 205–211.
- Sudarmadji. S. dkk. (2007). Analisis bahan makanan dan pertanian. Liberty.
- Sulfur, L. (2021). *Designation: D 4737-03 Standard Test Method for Calculated Cetane Index by Four Variable Equation 1. 05, 5.*
- Winarno, F. G. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.